

重度心身障害児を対象としたスイッチ教材による因果関係の理解を支援するシステム

System to support the understanding of cause-and-effect relationships using adaptive switch for severely handicapped children

利根川 瑛* 糸野 文洋**
Tonegawa Yo Fumihiko Kumeno

1. はじめに

重度の肢体不自由と重度の知的障害とが重複した状態を児童福祉での行政上の措置を行うために、重度心身障害、または重症心身障害と定義し、この定義に当てはまる児童を重度心身障害児と呼称している[1]。

重度心身障害児は肢体を自由に動かさないため、学習時にスイッチ教材と呼ばれる道具を使用し、おもちゃや様々な電子機器の操作を行う。スイッチ教材は重度心身障害児の認知機能の向上にも有効であるとされており、スイッチ教材による入力操作（ボタンを押す等）とそれに接続された機器の動きの因果関係を学習することが多い。肢体不自由の内容や程度に対応するため様々な形状のスイッチ教材が開発されている。多くのスイッチ教材はステレオプラグのケーブルが付いており、それを機器に差し込むことで接続する。無線マウスをスイッチ教材と接続できるように改造し、スイッチ教材による入力操作をクリックに変換することでPCを操作する教材も開発されている[2]。

スイッチ教材でPCを操作する学習を行う場合、重度心身障害児は画面上で何かが動いているということを確認できるようになるまで時間がかかるという問題を抱えている。筆者らが肢体不自由の特別支援学校を訪問した際、上記のような問題があるものの、アプリとしての教材は画面上で完結するものが多いため、認知の学習がうまく進まないという指摘があった。実際に、教材を使用しているところを見学した際、画面の変化に対して児童があまり興味を示していないこと（そもそも画面を見ていない）を確認している。因果関係の理解を支援する教材としては、スイッチ教材による入力とPC画面上の変化を結び付けるのではなく、現実世界のものを実物理的に動かすことと結び付けることが有効である。スイッチ教材と動くおもちゃとを接続することで現実世界のものと同じく動かすことができるため、実際にそのような活用がされている。しかしながら、この形態では動かす機器が固定されてしまい、利用場が限定される。さらに児童によって関心を持つ機器・動作は様々であるため、利用者も限定的となってしまう。

モーター等でものを動かす、LEDを光らせる、音を出すなど、現実世界のモノの様々な動作をソフトウェアで制御するシステムを実現できれば、上述の問題の解決に繋がることが期待できる。特に一人で学ぶ個人学習だけでなく、集団でのゲームなどの集団学習にも活用の道が拓けると考えている。

2. 目的

本研究では、肢体不自由の特別支援学校や生活介護事業所と連携し、より多くの教育現場での利用が可能な汎用システムの開発を行う。

スイッチ教材は各生徒が操作しやすいように様々な形状のものが開発されている。また、スイッチ教材を操作する際の触覚や固有覚フィードバックと認知との関係に焦点をあてた研究もある[3]。本研究ではスイッチ教材そのものではなく、スイッチ教材による入力を受けて動く機器側の汎用性を向上させることに焦点をあてている。

重度心身障害児の教育に対しても集団学習が取り入れられた事例が報告されている[4]。この事例では仲間とともに小さなステップを積み上げて困難を克服する、成就感を味わい、仲間から認められたと児童が感じる機会を与えることを目指している。筆者らが連携している埼玉県立宮代特別支援学校でも集団学習が取り入れられている。上述の事例にあるように仲間とともに困難を克服し、仲間から認められる体験を得られる集団教育が求められている。しかしながら、重度心身障害児の場合、集団学習の題材としての活動（ゲームや演奏など皆で一緒に行う活動）を設定すること自体が容易ではない。そこで本研究では、因果関係の理解を支援することに加え、こうした活動を実現できるシステムの開発を目標とした。集団学習において、スイッチ教材入力でものが動かす活動を取り入れられれば、その活動の繰り返しによって因果関係の理解の促進につながることも期待できる。

埼玉県立宮代特別支援学校でのインタビューや見学等から、集団学習で利用できるシステムにするためには以下の汎用性があることが必要と考えた。

一汎用性① 入力の汎用性

生徒は学習の際に自分に合った専用のスイッチ教材を利用するケースが多い。各生徒のスイッチ教材を使用した学習を行うことが理想であるため、入力は複数のスイッチ教材からの入力を束ねることができるものか、簡単にスイッチ教材の取り外しができるものであること。

一汎用性② 操作対象の汎用性

集団学習の様々な活動に適用できるようにするため、一つの用途に特化したシステムではなく、機器の一部を組み替えることで様々な学習に利用できるようにする。

以上の汎用性を持たせることも目標とし、現実のものを動かすことができるシステムの研究開発を進めた。進め方は、既存の集団教育の活動で重度心身障害児では実施が困難である事例を対象に、重度心身障害児でも実施できるようにするシステムを開発して検証を行い、さらに他の活動事例でも適用できるようにシステムの拡張と検証を繰り返す方法をとった。3章ではその最初のシステム開発と実証の事例を、4章ではシステム拡張事例を報告する。5章

* 日本工業大学 電子情報メディア工学専攻,
Nippon Institute of Technology Electronics, Information and Media Engineering Major

** 日本工業大学, Nippon Institute of Technology

ではさらなるシステムの拡張への展望の提示と、拡張の参考にした関連研究について議論し、6章で今後の課題と結論をまとめる。

3. 開発・実践例① ユニバーサル野球

ユニバーサル野球で使用できるシステムを開発した。ユニバーサル野球は、野球盤を大きくしたもので、紐を引くことで打撃ができるようにしたものである[5]。従来のユニバーサル野球では紐を引く操作ができない児童は参加することができず、重度心身障碍児は参加ができなかった。本システムではスイッチ教材の入力で紐を引き、打撃を行えるようにし、重度心身障碍児でも参加できるようにした。

アクセスポイント化した Raspberry Pi マイコン内にサーバーを構築し、Raspberry Pi マイコンに Wi-Fi 接続した端末からの入力でサーボモータを制御する（図1）。ひっぱるとバットが回る紐とサーボモータと繋がれているため、サーボモータを制御することで打撃を行うことができる。実際のユニバーサル野球システムを図2に示す。制御を行う Raspberry Pi マイコン（図2中央）で、紐をひっぱるアームを取り付けたサーボモーター（図2右）を制御する。サーボモータへの給電は電池ボックス（単四電池×4）で行う（図2左）。このシステムは、Raspberry Pi マイコンに Wi-Fi 接続を行う端末（PC やタブレット等）に繋げることができるスイッチ教材であれば、どのようなものでも問題がないため、スイッチの汎用性があるが、操作対象がユニバーサル野球の打撃に限られるものであるため、操作対象の汎用性はない。

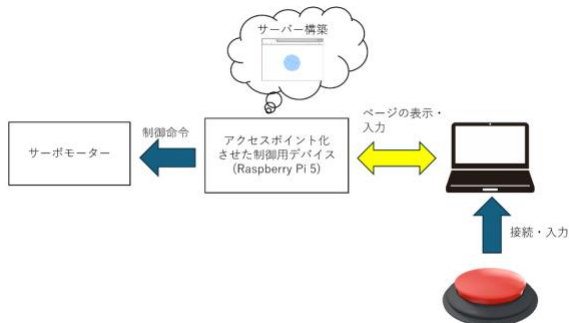


図1 ユニバーサル野球システムの概要

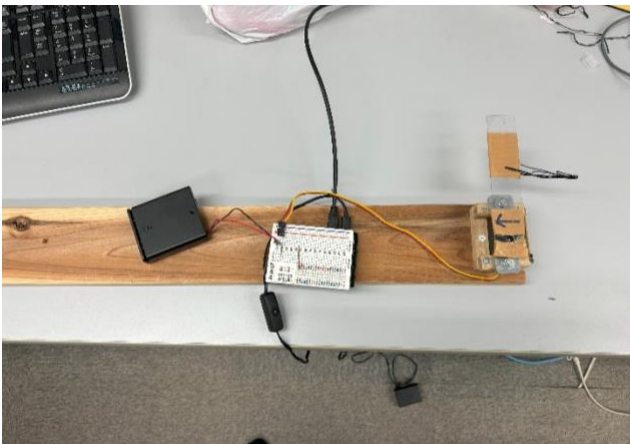


図2 実際のユニバーサル野球システム

本システムの有効性を検証するため、2024年11月に埼玉県立宮代特別支援学校でユニバーサル野球を行うイベントを開催した。このイベントにて実際に本システムを使用した。図3はシステムとユニバーサル野球の紐を接続した様子である。スイッチ教材と端末は宮代特別支援学校で実際に使用しているものを使い、各生徒が各自のスイッチ教材を使えるようにした。

システムの設置に時間がかかる点や、児童が端末とスイッチ教材が置いてある机まで移動しないと競技ができない点などの課題があったが、予定している児童が全員参加することができ、競技自体は滞りなく進めることができた。

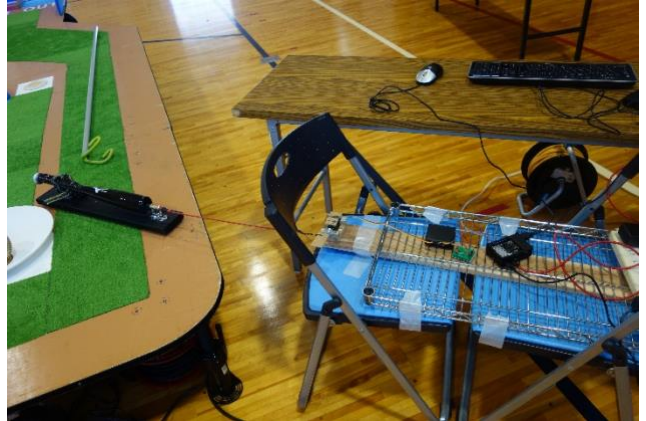


図3 実際に使用している様子

4. 開発・実践例② ミニボーリング

ユニバーサル野球での実践結果を踏まえ、システムの設置にあまり時間を取られないこと、競技中に生徒が大きな移動を必要としないようにするなどを中心にシステムを見直した。見直したものと、改良したプログラムを組み合わせたシステムを軸として新たにミニボーリングシステムを開発した。

ミニボーリングシステムを開発するにあたり、似た動作を行うボッチャランプについての研究[6][7]を参考に、最低限の操作だけでミニボーリングシステムを行うことができるようなシステムにした。

システムの基本構造は前節のシステムと同じである。異なる箇所はボールを転がす台に取り付けられるようにし、サーボモータと直結したゲートの上げ下げを制御することでボールが飛び出すようにした点である（図4）。ボッチャでの利用も想定し、様々なサイズの台に付けられるように調整することが可能となっている。さらに今回の開発では、スイッチ教材との接続を容易にするために、入力デバイスの作成も行った（図5左）。Raspberry Pi マイコンを使用したもので、電源を入れると制御デバイスに自動的に接続される。この Raspberry Pi マイコンに接続した無線マウスをクリックするとゲートを上げ下げできるようになっている。ステレオプラグを繋ぐことができるように改造した無線マウス（図5右）を使い、様々なスイッチ教材との接続を容易にした。この無線マウスを生徒の前に持っていき、自分のスイッチ教材に繋げることで生徒は動かさずとも本システムを利用できる。

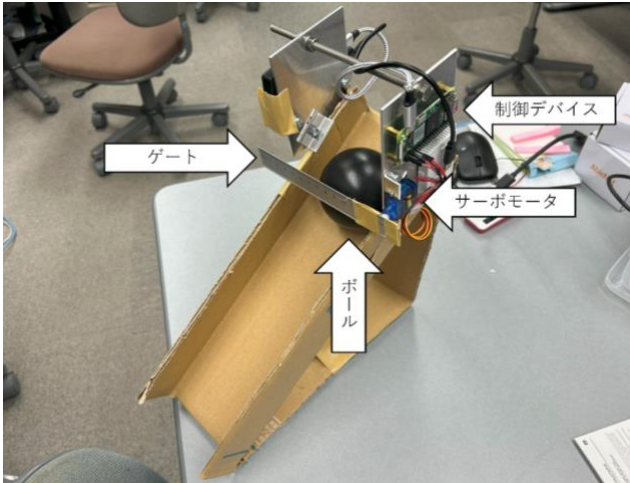


図4 ミニボーリングシステム

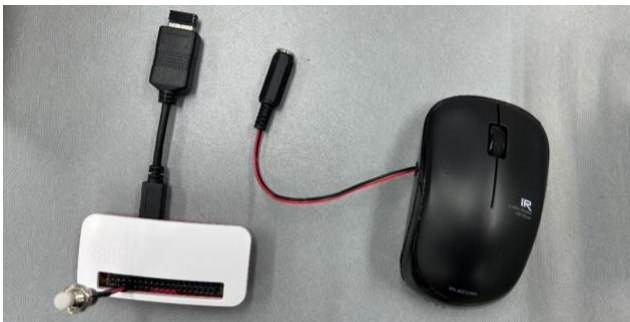


図5 入力デバイス(左)と改造した無線マウス(右)

本システムの有効性を検証するために、2025年3月に社会福祉法人あいの樹 生活介護事業所「かりん」に持ち込み、実際に使用していただいた。参加者にはミニボーリングシステムを囲む形で集まっていたいただき、無線マウスを各参加者に回し、各参加者のスイッチ教材を使用してミニボーリングを行った。参加者は動くことなく競技に参加することができた。競技終了後、いつもあまり感情を出さない方もとても楽しそうにしていたという言葉を施設の方からいただいた。



図6 ミニボーリングで競技を実施している様子

システムは大きなトラブルなく稼働し、無事に参加者全員が2回ずつ競技を行うことができた。

今回開発したシステムは、制御デバイスのサーボモータとその先の接続機器を変えるだけでユニバーサル野球に使用できるようになっている。サーボモータで何等かの動作

をすることで実施できる様々な競技も可能になるものであり、本研究で開発するシステムに求めている操作対象の汎用性を上げることができた。社会福祉法人あいの樹 生活介護事業所「かりん」の関係者からは、スイッチ教材を使った集団学習で使用できる教材として、スイッチ教材からの入力で投擲に似た動作が可能なシステムがあると活動の幅がさらに広がるという意見をいただいた。これもサーボモータの先の機器を変えることで実現可能と考えている。

5. 今後の展望と先行研究

ミニボーリングシステムについては前節の事業所で継続的に使っていただくこととなっている。さらに他の事業所でも利用の要望があり、ボーリングのイベントを開催する予定である。また、宮代特別支援学校で、ミニボーリングシステムを見ていただいたところ、ポッチャ[8]で使えるように拡張ができないかという意見を頂いた。そのため、今後はミニボーリングシステムを基に、ポッチャで使用するポッチャランプシステムを開発する。なお、ミニボーリングシステム自体も使っていただく予定である。

先行研究として、雨どいを利用したシステムを作成するものと[6]、専用の木製システムを作成したもの[7]を挙げる。これらの先行研究ではポッチャランプ自体を作成するものが中心である。そこで、本研究で開発するシステムに求めている操作対象の汎用性という部分を活かし、既存のポッチャランプをそのまま使用できるように、ポッチャランプに取り付けて使用できるシステムを提案する。

先行研究[6][7]を参考に、ポッチャランプとして使用するために最低限必要な動作を3つ選定した。

① ボールが転がる勢いを決める動作

ポッチャはランプ上に置く球の位置を変更することでボールが転がる勢いを決定する。そのため、ランプ上でボールの位置を変更することができる動作が必要である。

本研究で開発するシステムでは、ボールを抑えるバーの位置をスイッチ入力で移動させることができるようにしようと考えている。(図7)

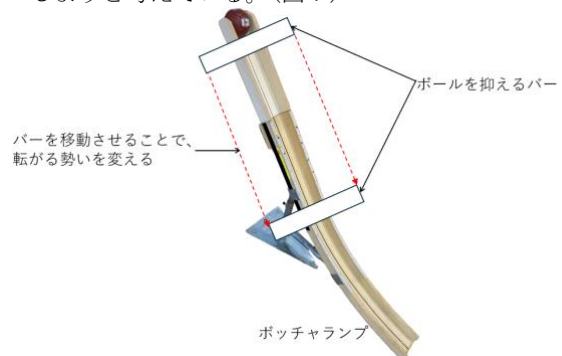


図7 ボールが転がる勢いを決める動作

② ボールを転がす方向を決める動作

ポッチャは、転がすボールをジャックボールと言われる白いボールにどれだけ近づけることができるかを競うスポーツである。そのため、競技者がボールを転がす方向を決める動作が必要である。

本研究で開発するシステムでは、スイッチ入力に合わせてポッチャランプを扇型に回転させることで、任意の方向にボールを転がすことができるようにしようと考えている。(図8)

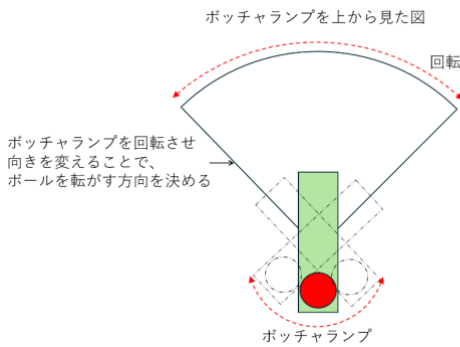


図8 ボールを転がす方向を決める動作

③ ボールを正確に転がすための動作

転がす勢いと投球方向を決めた後、ボールを転がす必要がある。

モーターによるゲートの開閉を行うシステムをすでに開発・実践例②で開発しているため、このシステムを利用し、改良することでこの動作を実現する。

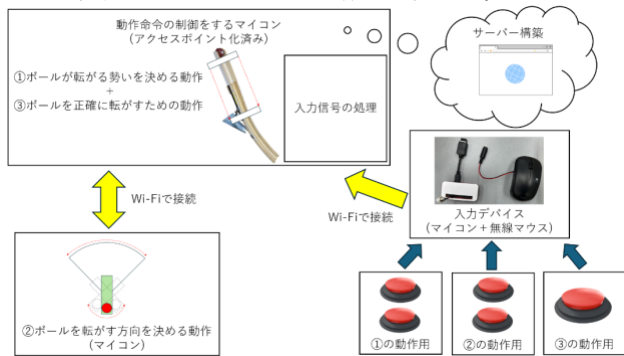


図9 ポッチャランプシステムの概要

ボールが転がる勢いを決める動作と、ボールを転がす方向を決める動作に焦点を当て、ポッチャランプにとりして使用できるようにシステム開発を進める。

さらに開発・実践例②で報告した投擲のシステムの実装も行い、汎用性も確認する予定である。また、同事業所からは光るランプや好きな音が鳴るおもちゃもあると、使用者が飽きることなくスイッチ教材に触れることができるようになり、因果関係の理解につながるのではないかという意見もいただいた。そのため、サーボモータの制御のみならず、LED制御や音声再生も可能とするような拡張を検討していく予定である。

6. 今後の課題

本論文では、スイッチ教材と動作の因果関係の理解を支援することの必要性について述べ、そのための支援システムの研究・開発報告を行った。

本研究は、接続方法や操作性を維持し、汎用性を高めることで様々なニーズに合わせることでできる汎用デバイスとすることを最終目標としている。このシステムによって、重度心身障害児の集団学習における活動の幅を広げ、その結果としてスイッチ入力による因果関係の理解の促進につながるようにすることを目指していく。

参考文献

- [1] 文部科学省, “重度障害児等の学校生活”, https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2012/07/18/1323015_4_1.pdf (2012)
- [2] 高橋 沙織, “スイッチや電動玩具などの改造方法と活用”, 臨床作業療法, Vol.9, No.4 (2012)
- [3] 吉田 光伸, 池田 彩乃, 阿部 晃久, 佐島 毅, “重度・重複障害児の手指運動の方向付けおよび調整における固有覚フィードバックの効果”, 特殊教育学研究, Vol.59, No.3, 147-156 (2021)
- [4] 鈴木 綾子, “10-3 肢体不自由を主とする重度・重複障害のある子どもの「集団の授業」の検討”, 日本特別支援教育研究, Vol.202, No.10 (2023)
- [5] 堀江車輛電装株式会社, “【公式】ユニバーサル野球® UNIVERSAL BASEBALL”, <https://universalbaseball.world/> (2025/4 閲覧)
- [6] 中茂睦裕, “特別支援教育のためのポッチャ競技用自在ランプの検討”, 湘南工科大学紀要 Vol.56, No.1, 33-36 (2022)
- [7] 株式会社ユニコーン, “eBOCCIA”, <https://www.e-unicorn.co.jp/eboccia> (2025/4 閲覧)
- [8] 一般社団法人日本ポッチャ協会, “ポッチャとは” <https://www.japan-boccia.com/about/> (2025/4 閲覧)
- [9] 岡田 喜篤, “世界唯一の重症心身障害児医療福祉の今日的意味”, 日本重症心身障害学会誌, Vol.38, No.1, 3-9 (2013)
- [10] 寺本 淳志, 川間 健之介, 進 一鷹, “重度・重複障害者の意志表出を促す取り組み -スイッチ操作の向上と意志表出行動の促進-”, 特殊教育学研究, Vol.48, No.5, 371-382 (2011)
- [11] 武部 綾子, 新田 賢司, “重度重複障害児の認知発達を促す授業づくり: 肢体不自由特別支援学校における教材と指導法の開発”, 筑波大学特別支援教育研究, Vol.9, 45-46 (2015)
- [12] 樋口 和彦, “学習の視点からみた重度・重複障害児研究の展望”, 特殊教育学研究, Vol.56, No.1, 33-46 (2018)
- [13] 大杉 成喜, “重度・重複障害教育における ICT 活用の現状と課題”, 熊本大学教育学部紀要, Vol.63, 151-158 (2014)
- [14] Sam's e-AT Lab, “KME (KOSEN Multifunctional End point) の紹介動画がパッと視聴できる URL と QR コード”, <https://sam-eatlab.blog.jp/archives/34300626.html> (2025/5 閲覧)
- [15] Sam's e-AT Lab, “行ってきました! 第6回 HCK プロジェクト in 広島【重度障害児のための最新デジタルツール体験会】①~前日準備”, <https://sam-eatlab.blog.jp/archives/32994300.html> (2025/5 閲覧)
- [16] 大阪府教育センター, “障がいのある幼児児童生徒の学びを支える ICT の活用(実践編)”, https://www.osaka-c.ed.jp/matters/specialneeds_files/r03_shien_ict_leaflet_practice01.pdf (2021)